

**PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTYLENE DARI tert-BUTYL
ALCOHOL DENGAN PROSES DEHIDRASI
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik

Oleh:

MIELAH KHOIRI ZULERON

D 500 100 037

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTYLENE DARI tert-BUTYL
ALCOHOL DENGAN PROSES DEHIDRASI
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

MIFLAH KHOIRI ZULFERON

D 500 100 037

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Hamid Abdillah.ST,M.T.

NIK. 894

HALAMAN PENGESAHAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Nama	: 1. Angga Prih Utomo	D500130105
	2. Arie Eko Saputro Triono	D500130109
	3. Miftah Khoiri Zufron	D500100037
Judul TPP	: Prarancangan Pabrik <i>Isobutylene</i> dari <i>tert-Butyhl Alcohol</i> dengan Proses Dehidrasi Kapasitas 40.000 ton/tahun	
Dosen Pembimbing	: Hamid Abdillah, ST., M.T.	

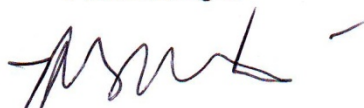
Surakarta, 11 Januari 2018

Mengetahui,
Pembimbing I



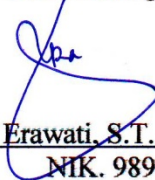
Hamid Abdillah, ST., M.T.
NIK. 894

Pembimbing II



Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.
NIK. 664

Pembimbing III



Emi Erawati, S.T., M.Eng.
NIK. 989


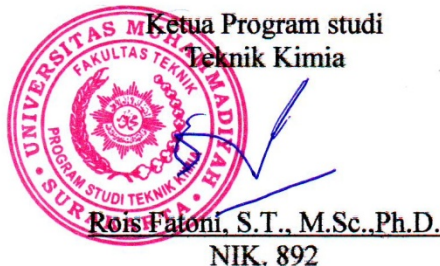
Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.
NIK. 682

Ketua Program studi
Teknik Kimia



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIK. 892


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, April 2017

Penulis



MIFLAH KHOIRI ZULFERON

D 500 100 037

**PRARANCANGAN PABRIK ISOBUTYLENE DARI tert-BUTYL
ALCOHOL DENGAN PROSES DEHIDRASI
KAPASITAS 40.000 TON/TAHUN**

ABSTRAK

Isobutylene banyak digunakan dalam industri kimia sebagai bahan baku *alkylate gasoline*, polimer *gasoline*, *straight fuel use*, MTBE, *butyl rubber*, *polybutene*, *isoprene* dan bahan kimia lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang masih harus impor dan adanya peluang ekspor yang masih terbuka, maka dirancang pabrik *isobutylene* dengan kapasitas 40.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari/tahun. Pembuatan *isobutylene* melalui 3 tahap yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap pembentukan produk, dan tahap pemurnian produk. Reaksi pembentukan *isobutylene* dari *tert-butyl alcohol* (TBA) berlangsung dengan reaksi bersifat endotermis dan dijalankan dengan reaktor alir tangki berpengaduk, fase cair, *irreversible* dengan katalis *styrene-divinylbenzene* (DVB), reaksi berlangsung pada suhu 141,84°C dan tekanan 12,83 atm. Sebanyak 73% mol/jam *tert-butyl alcohol* terkonversi menjadi *isobutylene*.

Pabrik *isobutylene* berkapasitas 40.000 ton/tahun ini membutuhkan bahan baku TBA sebanyak 7.602,8969 kg/jam dan katalis DVB sebanyak 22,9217 kg per 4 tahun. Utilitas pendukung proses meliputi penyediaan air sebesar 2.743,1743 kg/jam yang diperoleh dari PT. Krakatau Tirta Industri (KTI), penyediaan *saturated steam* sebesar 6.301,7222 kg/jam yang diperoleh dari boiler dengan bahan bakar solar sebesar 445,4057 liter/jam, kebutuhan udara tekan sebesar 57,3782 m³/jam, kebutuhan listrik diperoleh dari PLN dan satu buah generator sebesar 320 kW sebagai cadangan dan bahan bakar sebanyak 479,1880 liter/jam. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten dengan jumlah karyawan 156 orang.

Dari analisis ekonomi, pabrik *isobutylene* ini membutuhkan modal tetap sebesar Rp.870.559.753.328,06 keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 143.474.505.575,06 per tahun. Keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 100.432.153.902,54 per tahun. Analisis kelayakan ini memberikan hasil bahwa *percent return on investment* (ROI) sebelum pajak 62,97%; setelah pajak 44,08%; *pay out time* (POT) sebelum pajak 1,37 tahun; setelah pajak 1,85 tahun; *break event point* (BEP) 41,00%; *shut down point* (SDP) 28,81% dan *discounted cash flow* (DCF) 30,48%. Berdasarkan data-data di atas maka pabrik *isobutylene* ini layak didirikan.

Kata Kunci: isobutylene, tert-butyl alcohol, dehidrasi

ABSTRACT

Isobutylene is widely used in chemical industry as raw material of *alkylate gasoline*, *gasoline polymer*, *straight fuel use*, MTBE, *butyl rubber*, *polybutene*, *isoprene* and other chemicals. To fulfill domestic needs that still have to be

imported and there are still open export opportunities, it is designed isobutylene factory with capacity 40.000 ton / year which operates for 330 days / year. Making isobutylene through 3 stages of raw material preparation stage, the stage of product formation, and the stage of product purification. The isobutylene formation of tert-butyl alcohol (TBA) takes place with an endothermic reaction and is carried out with a stirred, aqueous, irreversible tank flow reactor with styrene-divinylbenzene (DVB) catalyst, the reaction takes place at a temperature of 141.84 ° C. and a pressure of 12, 83 atm. As much as 73% mol / hour tert-butyl alcohol was converted to isobutylene.

This 40,000 ton / year isobutylene plant requires 7.602,8969 kg / hr of TBA raw material and 22,917 kg kg of DVB catalysts per 4 years. The process support utility includes water supply of 2,743,1743 kg / hr obtained from PT. Krakatau Tirta Industri (KTI), the supply of saturated steam of 6,301,7222 kg / hour of money obtained from boilers with diesel fuel of 445.4057 liters / hour, the compressed air requirement of 57.3782 m³ / hour, the electricity demand is obtained from PLN and one generator of 320 kW as reserve and fuel of 479,1880 liters / hour. This plant is planned to be established in the industrial area of Cilegon, Banten with the number of employees 156 people.

From the economic analysis, this isobutylene plant requires a fixed capital of Rp.870.559.753.328,06 profit before tax of Rp. 143,474,505,575,06 per year. Profit after tax of Rp. 100,432,153,902,54 per year. This feasibility analysis gives results that the return on investment (ROI) before taxes is 62.97%; after tax of 44.08%; pay out time (POT) before tax of 1.37 years; after tax of 1.85 years; break event point (BEP) 41.00%; shut down point (SDP) 28,81% and discounted cash flow (DCF) 30,48%. Based on the above data then this isobutylene plant worthy to be established.

Keywords: isobutylene, tert-butyl alcohol, dehydration

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri yang mengolah bahan mentah menjadi bahan *intermediate* maupun bahan jadi adalah salah satu jenis industri yang berkembang pesat. Salah satu bagian dalam industri ini adalah industri kimia, baik yang memproduksi bahan baku kimia hulu maupun hasil olahannya. Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan akan bahan-bahan kimia semakin besar sehingga pembangunan industri kimia perlu untuk ditumbuh kembangkan. Salah satu bahan kimia yang memiliki prospek yang baik adalah *isobutylene*. *Isobutylene* termasuk mono-olefin isomer dari *butylene*, *1-butene*, *cis-2-butene* dan *trans-2-butene*. *Isobutylene* atau *2methyl propene* merupakan produk didalam *refining petroleum* atau proses

petrokimia.

1.2 Kapasitas Pabrik

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau paling tidak sama dengan pabrik yang sedang berjalan. Pabrik *Isobutylene* yang sudah berdiri di dunia serta kapasitas produksiper tahun dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Daftar Pabrik *Isobutylene* di Dunia

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas ton/tahun
1.	Texas Olefins Co.Ltd	Texas	76.200
2.	Lyondell Basell	United States	150.000
3.	Shandong Shouguang Luqing Petrochemical	China	170.000
4.	Heilongjiang Anruijia Petrochemical	China	180.000
5.	Songwon Industrial Co. Ltd	Korea Selatan	40.000
6.	Shandong Chengtai Chemical Industry	China	114.000

Berdasarkan data pada tabel 1 kapasitas terkecil pabrik *Isobutylene* yang telah berdiri adalah 40.000 ton/tahun. Dapat disimpulkan bahwa kapasitas pabrik yang akan didirikan yaitu 40.000 ton/tahun dan melihat kebutuhan *Isobutylene* di dalam negeri yang masih dibawah 40.000 ton/tahun dan sisa hasil produksi digunakan untuk memenuhi kebutuhan *Isobutylene global*.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan pabrik tersebut. Sebelum mendirikan suatu pabrik perlu dilakukan suatu survei dalam mempertimbangkan faktor-faktor penunjang. Pabrik *Isobutylene* direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Banten. Pemilihan ini dimaksudkan untuk mendapatkan keuntungan secara teknis dan ekonomis.

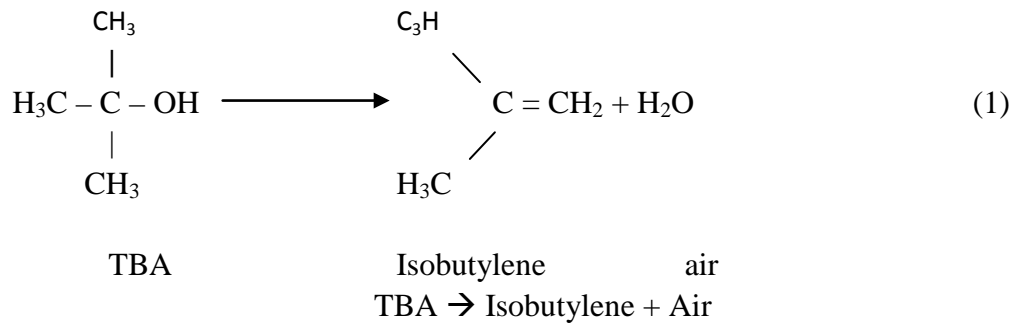
2. METODE

2.1 Konsep Reaksi

Proses pembuatan *isobutylene* dari tert-butyl alcohol (TBA) dilakukan dala fase cair dengan katalis styrene-divinylbenzene co-polymer. Persamaan reaksi

dehidrasi TBA termasuk orde 2 irreversible dengan tekanan 12,83 atm dalam reaktor alir tangki berpengaduk:

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



2.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi pembuatan isobutylene dari tert-butyl alcohol adalah reaksi cair-cair. Harga konstanta kecepatan reaksi dicari dengan persamaan berikut:

$$-r_{\text{C}_4\text{H}_{100}} = \frac{K(K_a \alpha_{\text{C}_4\text{H}_{100}} - \alpha_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \alpha_{\text{C}_4\text{H}_8})}{\alpha_{\text{C}_4\text{H}_{100}} + \left(\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{C}_4\text{H}_{100}}} \cdot \alpha_{\text{H}_2\text{O}} \right)} : \text{mol} / \text{s.m}^3 \quad (2)$$

$$K = F_{\text{ref}2\text{C}_4\text{H}_{100}} \exp \left(\frac{-E_{\text{C}_4\text{H}_{100}}}{R} \right) X \left(\frac{1}{T} \right) X \left(\frac{1}{T_{\text{ref}}} \right) \quad (3)$$

$$\text{Ln} k_a = -3111,9 x \left(\frac{1}{T} \right) + 7,6391 \quad (4)$$

Nilai konstanta-konstanta tersebut sebagai berikut:

$$F_{\text{reff}} = 0,21$$

$$\alpha_{\text{C}_4\text{H}_{100}} = 5$$

$$E = 1800$$

$$\alpha_{\text{C}_4\text{H}_8} = 1,05$$

$$R = 8,314$$

$$\alpha_{\text{C}_2\text{H}} = 28$$

$$T_{\text{refr}} = 70^0 \text{ C}$$

$$K_{\text{TBA}}/K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,5$$

Dimana :

r = laju reaksi, mol/s.kg_{ent}

k = kecepatan kinetika reaksi, mol/s.kg_{ent}

α = aktivitas komponen

Freff = faktor eksponensial Arrhenius, mol/s.kg_{ent}

E = energi aktivasi, Kj/mol

R = konstanta gas, J/mol.K

T = temperatur, K

T_{ref} = temperatur referensi, K

K_a = konstanta kesetimbangan reaksi berdasarkan aktivitas

2.3 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan secara termodinamika bertujuan menentukan sifat reaksi dan arah reaksi, sehingga perlu perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH^{of}) reaktan dan produk.

Proses pembuatan isobutylene dari bahan baku tert-butyl alcohol ini berdasarkan reaksi dehidrasi fase cair. Reaksi pembentukan isobutylene adalah sebagai berikut:



Data-data harga ΔH^{of} untuk masing-masing komponen pada suhu 298,15 K adalah sebagai berikut:

$$\Delta H^{\text{of}} \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} = -325,81 \text{ KJ/mol} \quad (6)$$

$$\Delta H^{\text{of}} \text{C}_4\text{H}_8 = -16,90 \text{ KJ/mol} \quad (7)$$

$$\Delta H^{\text{of}} \text{H}_2\text{O} = -241,81 \text{ KJ/mol} \quad (8)$$

Jika ΔH bernilai negatif, maka reaksi bersifat eksotermis, sedangkan ΔH bernilai positif, reaksi bersifat endotermis.

$$\Delta H_r = \Delta H^{\text{of}} \text{ produk} - \Delta H^{\text{of}} \text{ reaktan} \quad (9)$$

$$= (\Delta H^{\text{of}} \text{C}_4\text{H}_8 + \Delta H^{\text{of}} \text{H}_2\text{O}) - \Delta H^{\text{of}} \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} \quad (10)$$

$$= (-16,9 + (-241,8)) - (-325,81) \quad (11)$$

$$= 67,11 \text{ kJ/mol}$$

2.4 Langkah Proses

Secara garis besar langkah proses perancangan pabrik isobutylene ini meliputi tiga urutan proses, yaitu:

1. Tahapan persiapan bahan baku

Bahan baku *tert-butyl alcohol* (TBA) yang disimpan dalam fase cair pada temperatur 30°C dan tekanan 1 atm pada kondisi tersebut diumpankan ke reaktor alir tangki berpengaduk dan ada penambahan

bahan baku dari separator.

2. Tahapan pembentukan produk

Reaksi terjadi pada fase cair-cair pada temperatur 141,84°C dan tekanan 12,83 atm. TBA direaksikan dengan penambahan katalis *styrene-dzvinylbenzene* {DAB}.

3. Tahapan pemurnian produk

Pada tahap ini dilakukan pemurnian *isobutylene* dari campuran bahan baku yang tidak beraksi, impuritas dan air. Campuran keluar dari reaktor berupa fase cair, yang kemudian dipanaskan dengan *heat exchanger* kemudian diturunkan tekanannya sehingga menjadi campuran dua fase yang akan diumpankan ke dalam separator. Hasil atas separator diumpankan ke menara destilasi untuk memisahkan air dari produk dan hasil bawah separator akan *di-recycle* kembali ke reaktor.

Isobutylene, TBA, dan sedikit air yang mempunyai titik didih lebih rendah akan diperoleh sebagai hasil atas menara destilasi. Hasil atas menara destilasi yang merupakan produk utama kemudian akan dikondensasikan menjadi fase cair dan disimpan dalam tangki penyimpanan. Hasil bawah yang memiliki titik didih lebih tinggi akan diperoleh sebagai hasil bawah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Spesifikasi alat

a. Tangki

Tabel 2. Daftar Spesifikasi Tangki

Keterangan	F-101	F-102
Tugas	Menyimpan kebutuhan <i>tert-butyl alkohol</i> lama 30 hari	Menyimpan produk <i>Isobutylene</i> selama 14 hari
	Silinder vertikal dengan <i>flat bottom conical roof</i>	Silinder horisontal dengan <i>torispherical roof</i>
Jumlah	2	1
Kapasitas (kg)	5492332,74	1698063,02

Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Kondisi Penyimpanan	Suhu : 30°C	Suhu : 35°C
	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 4,5 atm
Diameter (m)	9,1441	10,1311
Tinggi/Panjang (m)	14,6306	20,2622
Tebal (in)	Course 1 : 0,4375	0,1875
	Course 2 : 0,3750	
	Course 3 : 0,3750	
	Course 4 : 0,3125	
	Course 5 : 0,3125	
	Course 6 : 0,2500	
	Course 7 : 0,1875	
	Course 8 : 0,1875	
Tebal <i>head</i> (in)	5/16	3/16
Tinggi <i>head</i> (in)	0,7385	1,5332
Tinggi/Panjang Total (m)	15,3691	8,1319

b. Reaktor

Kode : R-101

Tugas : Mereaksikan *tert-butyl alkohol* menjadi *isobutylene*

Tipe : *Continuous Stirred Tank Reactor*

Jumlah : 1 buah

Bahan : *Stainless steel SA 167 grade 10 type 310*

Kondisi Operasi

Suhu : 141,84°C

Tekanan : 12,83 atm

Waktu tinggal : 4,7 menit

Spesifikasi

a. Katalisator

Bahan : *Styrene-Divinylbenzene (DVB) Copolymer*

Bentuk : *uniform size spherical beads*

Umur : 5 tahun

Diameter : 0,65mm

Ukuran penahan katalis : 35 mesh

b. Media Pemanas

Bahan : *Steam*

Suhu masuk : 210-C

Suhu keluar : 210-C

Diameter : 1,1156 m

Jumlah : 14 lilitan

Susunan koil : *Helix*

c. Head

Bentuk : *Torispherical dished head*

Tinggi : 0,2554 m

Tebal : 7/8 inch

d. *Shell*

Tinggi : 1,2096 m

Diameter : 1,2096 m

Tebal : 5/8 inch

Volume : 1,3894 m³

e. Pengaduk

Tipe : Turbin dengan 6 *blade* dengan 4

baffle Jumlah : 1 buah

Diameter : 0,4032 m

Kecepatan : 125 rpm

Power : 3 hp

Frekuensi : 50 Hz

f. Ukuran pipa

Pipa umpan masuk : IPS 4,5 in SN 40

Pipa umpan keluar : IPS 4,5 in SN 40

Pipa pemanas masuk dan keluar reactor : IPS 2 in SN 40

g. Isolasi

Material : asbestos

Tebal isolasi : 0,1537 m

c. Separator

Kode : H -101
Fungsi : Memisahkan *isobutylene* dari campuran reaksi
Tipe : *Vertical drum*
Jumlah : 1 buah
Material : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kondisi operasi

Tekanan : 4,5 atm
Suhu : 114,35°C

Spesifikasi

a. Shell

Diameter : 0,4935 m
Tebal : 1/4 inch
Tinggi : 2,2658 m
Volume : 0,486³) m³

b. Head

Tipe : *torispherical dished head*
Tebal *head* : 1 /4 inch
Tinggi *head* : 0,1393 m

3.2 Pembahasan

3.2.1 Utilitas

Unit pendukung proses atau utilitas merupakan bagian penting sebagai penunjang proses produksi dalam pabrik. Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik *isobutylene* adalah:

- 1) Unit pengadaan air Unit ini bertugas menyelesaikan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut :
 - a. Air pendingin proses
 - b. Air konsumsi umum dan sanitasi
 - c. Air umpan boiler

2) Unit pengadaan steam

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan steam sebagai media pemanas koil reaktor dan *heat exchanger*.

3) Unit pengadaan udara tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic* dan untuk penyediaan udara tekan dibengkel dan kebutuhan umum yang lain.

4) Unit pengadaan listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik, dan penerangan. Kebutuhan listrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangan bila listrik dari PLN mengalami gangguan.

5) Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan bahan bakar *boiler* dan generator.

3.2.2 Manajemen Perusahaan

Pabrik Trisodium Fosfat akan didirikan dalam bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). dengan kapasitas pabrik 45.000 ton/tahun yang didirikan di Gresik, Jawa Timur dan memiliki jumlah karyawan sebanyak 162 orang.

3.2.3 Analisis Ekonomi

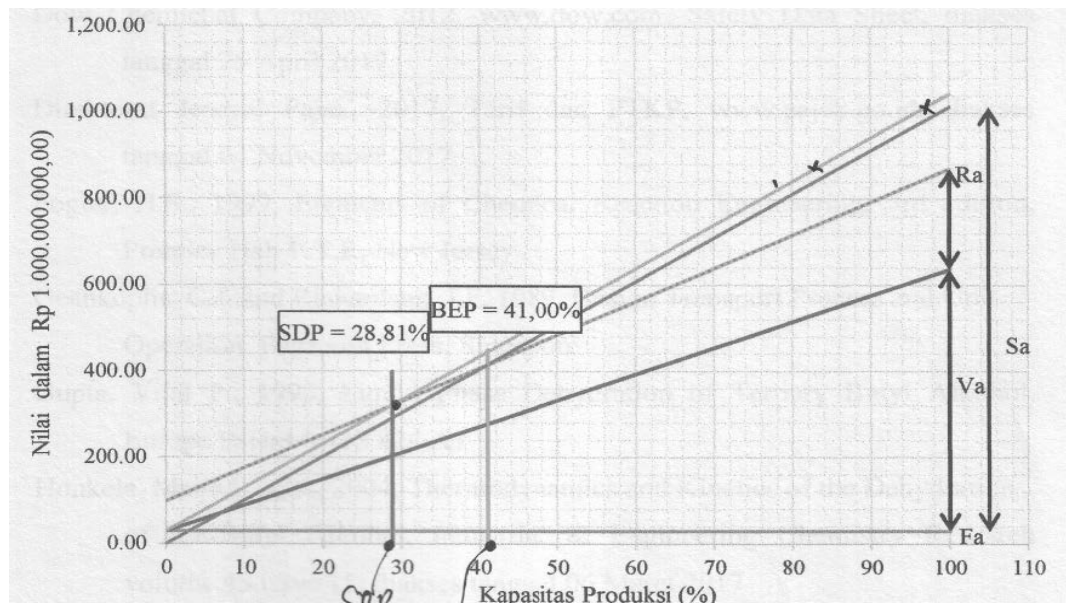
Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan “*discounted cash flow*” dibuat dengan mempertimbangkan nilai mata uang yang berubah terhadap waktu dan didasarkan pada jumlah investasi yang tidak pada setiap tahun selama umur pabrik, dari perhitungan DCF diperoleh *Internal Rate of Return* adalah 30,48%.

Tabel 3. Analisis Kelayakan

No.	Keterangan	Perhitungan	Batasan
1	<i>Return On Investment (ROI)</i> ROI sebelum pajak	62,97%	min 44%

2	ROI setelah pajak	44,08%	-
	<i>Pay Out Time (POT)</i>		
	POT sebelum pajak	1,37	maks 2 tahun
	POT setelah pajak	1,85	-
3	<i>Break Even Point (BEP)</i>	41,00%	40-60%
4	<i>Shut Down Point (SDP)</i>	28,81%	20 -310%
	<i>Discounted Cash Flow (DCF)</i>	30,84%	Min 10,25% bunga kredit korporasi Bank Mandiri

Dari analisis ekonomi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pendirian pabrik *isobutylene* dari tert-butyl alkohol dengan proses dehidrasi kapasitas 40.000 ton/tahun layak dipertimbangkan untuk direalisasikan pembangunannya.



Gambar 1.1 Grafik Analisis Kelayakan

4. PENUTUP

Hasil dari analisa ekonomi Pabrik Isobutylene dengan kapasitas produksi 40.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

1. Modal tetap sebesar Rp 135.151.467.402 per tahun dan modal kerja sebesar Rp 455.615.883.308 per tahun.
2. Keuntungan yang tercapai setelah dipotong pajak sebesar Rp 100.432.153.902 per tahun.
3. *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 62,92 % dan setelah pajak sebesar 44,04 %. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 1,37 tahun dan setelah pajak 1,85 tahun.
4. *Break Event Point* (BEP) sebesar 41,00%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 28,81%, dan *Internal rate of return* (IRR) sebesar 30,48%.

Berdasarkan pertimbangan analisa ekonomi, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D, 1955, *Chemical Engineering Cost Estimation*, McGraw Hill International Book Company, New York
- Bank Mandiri, 2017, *Suku Bunga Deposito Mandiri*, www.bankmandiri.co.id, diakses tanggal 03 November 2017
- Branan, C.R., 1994, *Rules of Thumb for Chemical Engineering*, Gulf Publishing Company, Texas
- Brown, G.G., 1986, *Unit Operations*, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E. and Young, E.H, 1959, *Process Equipment Design*, 1 st edition, John Wiley & Sons Inc, New York
- Chemical Engineering, 2017, *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*, www.cheresources.com, diakses tanggal 03 November 2017
- Chopey, N.P., 1994, *Handbook of Chemical Engineering Calculation*, 2nd edition, McGraw Hill International Book Company, New York
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F, 1989, *An Introduction to Chemical Engineering*, Allyn and Bacon Inc, Massachusetts

- Dow Chemical Company, 2012, www.dow.com, Safety Data Sheet, diakses tanggal 25 April 2017
- Direktorat Jendral Pajak, 2017, Tarif dan PTKP, www.pajak.go.id, diakses tanggal 104 November 2017
- Fogler, H.S., 1999, Elements of Chemical Reaction Engineering, 3rd edition, Prentice Hall P.T.R, New Jersey
- Geankoplis, C.J. and Richardson, J.F, 1989, Design Transport Process and Unit Operation, Pegamon Press, Singapore
- Gupta, Vijai P., 1995, Liquid Phase Dehydration of Tertiary Butyl Alcohol, Europe Patent 0 712 824 A1
- Honkela, Maija L., dkk. 2004, Thermodynamics and Kinetics of the Dehydration of tert-Butyl Alcohol, industrial & Engineering Chemistry Research volume 43 issue 15, diakses tanggal 06 Maret 2017
- Kern, D.Q., 1983. Process Heat Transfer, McGraw Hill International Book Company, Tokyo